

УДК538.911

**Л. В. Спивак<sup>1\*</sup>, Н. Е. Щепина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт Пермского государственного национального  
исследовательского университета, г. Пермь

*\*lspivak2@mail.ru*

## КАЛОРИМЕТРИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ В МЕЖКРИТИЧЕСКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР

Приведены данные по калориметрическим эффектам при структурно-фазовых превращениях в железоуглеродистых сплавах (сталях). Показано отсутствие корреляции с температурами точек  $A_3$  ( $A_m$ ) и температурами регистрации калориметрических эффектов при термоциклировании сталей в межкритическом интервале температур.

*Ключевые слова:* сталь, аустенит, перлит, феррит, цементит, энергия активации, энтальпия, энтропия.

**L. V. Spivak, N. E. Shchepina**

## CALORIMETRY OF PHASE TRANSFORMATIONS IN CARBON STEELS IN INTERCRITICAL TEMPERATURE INTERVAL

The data on calorimetric effects during structural phase transformations in iron-carbon alloys (steels) are presented. The absence of correlation with the temperatures of points  $A_3$  ( $A_m$ ) and the temperatures of recording calorimetric effects during thermal cycling of steels in the intercritical temperature range is shown.

*Key words:* steel, austenite, perlite, ferrite, cementite, activation energy, enthalpy, enthalpy.

Тепловой эффект эвтектоидного превращения в сплавах системы Fe-C приблизительно на порядок больше, чем при полиморфном превращении в чистом железе.

Температура начала превращения при нагреве практически одинакова для всех исследованных сталей ( $\sim 740^\circ\text{C}$ ), что совпадает с общепринятыми представлениями о влиянии содержания углерода и скорости нагрева на точку  $A_{C1}$ .

С увеличением содержания углерода отмечается тенденция к некоторому увеличению теплового эффекта при охлаждении и слабое влияние этого фактора на тепловой эффект при нагреве.

При нагреве низкоуглеродистых и заэвтектоидных сталей на *DSC* зависимостях не обнаружены особенности, связанные с переходом точек  $A_3$  или  $A_m$ . Такие же закономерности характерны и для изменения сигнала *DSC* при охлаждении из аустенитной области. По-видимому, в низкоуглеродистых сталях феррит или его определенная часть, которые образуются из аустенита, осуществляют такую трансформацию с низкими энергетическими затратами. Скорее всего, это бездиффузионный механизм выделения феррита из аустенита. При последующем нагреве совершается обратный переход этого феррита в аустенит по тому же самому механизму, что и в этом случае минимизирует энергетические затраты таких фазовых превращений.

Дилатометрические эффекты при фазовых превращениях, приводящие к изменению объема образца, не всегда коррелируют с тепловыми эффектами при таких превращениях в силу другой физики при подобных фазовых трансформациях.

Эвтектоидные превращения требуют реализации перемещения атомов компонентов на относительно большие расстояния, чем при бездиффузионных превращениях. Такие превращения, происходящие при охлаждении или при нагреве, включают диффузионные механизмы (растворения или выделения цементита) и поэтому характеризуются значительными энергетическими затратами на свою реализацию при образовании аустенита или выделением тепла при его распаде.

Калориметрические исследования подтверждают точку зрения С. С. Дьяченко [1], согласно которой переход перлита в аустенит и образование перлита из аустенита совершаются в два этапа. При превращении перлита в аустенит  $\alpha \rightarrow \gamma$  превращение осуществляется путем образования на первом этапе метастабильного аустенита с меньшей

концентрацией углерода, чем должно быть по диаграмме состояния Fe-C. Второй этап трансформации связан с растворением карбидов и диффузионным насыщением образовавшегося участка  $\gamma$ -фазы углеродом.

### **Литература**

1. Дьяченко С. С. Образование аустенита в железоуглеродистых сплавах. М. : Металлургия, 1982. 128 с.